This Page Is Inserted by IFW Operations and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES.
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents will not correct images, please do not report the images to the Image Problem Mailbox.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09069562 A

(43) Date of publication of application: 11.03.97

(51) Int. CI

H01L 21/768 H01L 21/265 H01L 21/312

(21) Application number: 07227294

(22) Date of filing: 10.08.95

(30) Priority:

14.09.94 JP 06247050 22.11.94 JP 06312774

27.03.95 JP 07 94318 21.06.95 JP 07179506 (71) Applicant:

SANYO ELECTRIC CO LTD

(72) Inventor:

WATANABE HIROYUKI MIZUHARA HIDEKI JITSUZAWA YOSHISUE HIRASE MASAKI **AOE HIROYUKI**

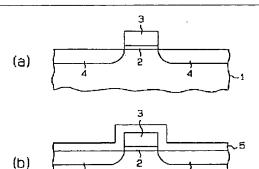
(54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND FABRICATION **THEREOF**

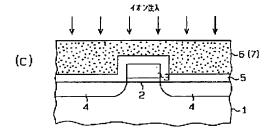
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decompose the organic components contained in an organic SOG film while reducing moisture and hydroxy group contained therein.

SOLUTION: A gate insulation film 2, a gate electrode 3, and a source-drain region 4 are formed on a single crystal silicon substrate 1. A silicon 5 is then deposited on the entire surface of a device by plasma CVD followed by deposition of organic SOG 6 thereon. Subsequently, the organic SOG 6 is doped with ions selected from a group of silicon fluoride ion, boron fluoride ion, argon fluoride ion, and nitrogen ion thus decomposing the organic components while reducing moisture and hydroxy group contained in the film. Consequently, the organic SOG 6 is changed into a modified SOG 7.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO





特開平9-69562 (11)特許出職公開#号

(43)公開日 平成9年(1997) 3月11日

(51) Int CL.	觀別記号	广内整理番号	Ħ			22	技術表示箇所
H01L 21/768	88		H01T	21/50	υ,	S	
21/265	85			21/312		2	
21/312	12					z.	
•				21/265	•	≱	
					J	œ	
			解核器法	米難が	雑状類の数6	FD	(全30頁)

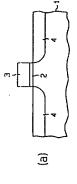
000001889 山湾最優点小女子	一片"电影"的工作 大阪麻守口市X版本建2丁目5番5号 第20 第2	大阪府守口市京阪本道2丁目5番5号 三洋電機株式会社内	水原 秀樹 大阪府守口市京阪本道2丁目5番5号 三洋電機株式会社内	实况 住居 大阪府や口巾京阪本道2丁目5番5号 三 详笔機株式会社内	弁理士 恩田 博宜
(71) 出版人 000001889	(72) 韓田春		(72)発明者	(72)発明者	(74) 代理人
特顯平7-227294	平成7年(1995)8月10日	特 威平6 —247050 平 6 (1994) 9 月14日	日本(JP) 特願平6-312774 平 6 (1994)11月22日	日本(JP) 特節47-94318 平7(1995)3月27日	日本 (JP)
(21)出資番号	(22) 出版日	(31)優先権主張番号 (32)優先日	(33) 優先権主張国 (31) 優先権主張番号 (32) 優先日	(33)優先権主張間 (31)優先権主張番号 (32)優先日	(33)優先権主張国

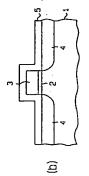
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法および半導体装置

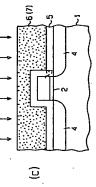
[課題] 有限SOG既に含まれる有機成分を分解させる

【解決手段】単結品シリコン塔板1の上にゲート絶縁殿 と共に、膜中に含まれる水分および水酸塩を減少させ

2. ゲート電艇3, ソース・ドレイン領域4が形成され る。次に、ブラズマCVD法を用いて、デバイスの全面 にシリコン酸化脱5が形成される。 続いて、シリコン酸 オン注人法を用いて、フッ化シリコンイオン、フッ化ボ ロンイオン、アルゴンイオン、ポロンイオン、窓崟イオ ンからなるグループから選択された一つのイオンを有機 SOG戦6にドーブすることで、有徴成分を分解させる 5。その結果、有機SOG膜6は改質されたSOG膜7 化版5の上に有機SOG阪6が形成される。そして、1 と共に、膜中に含まれる水分および水酸塩を減少させ こなえられる







[開水項1] - SOG酸にイオン油人を行う工程を備え た半導体装置の製造方法。 (特定提表の制理)

7、またはこれら元素の化合物イギンからなるグループ から選択された少なくとも一つのイオンをイオン電人法 を用いてSOG版にドーブする工程を備えた非単作技能 [胡求貞2] 不活性ガスイオン、111 b, IVb, V b, VIb, VII b, IVa, Vaの各版の元素単体イオ の製造力法。

ム, スズ, テルル, 箔, ピスマス, チタン, ニオブ, ハ フニウム、タンタルの完装単体イオンまたはこれら元素 の任合物ですと、ファ素の化合物ですとからなるグルー ブから遊供された少なくとも 一つのイオンをイオン派人 法を用いてSOG膜にドープする工程を備えた半導体装 益, アルミ、イオウ、塩煮、ガリウム、ゲルマニウム、 [請求項3] 不活性ガスイオン、ボロン、窒素、飲 ヒ紫、セレン、曳松、アンチモン、ヨウ松、インジウ 国の製造方法。

をイオン注入法を用いてSOG版にドープする工程を備 【諸求項4】 不活性ガスイオン、ポロンもしくはと素 の元素単体イオン、またはこれら完素の化合物イオンか **らなる グループから 選択された少なくとも一つのイキン** えた中央体技術の製造方法。 [胡米項 5] - 崩米項 1 - 4 のいずれか 1 項に記載の字 **資体設置の製造方法において、前記SOG版は有機SO** 【清水項6】 精氷項1~5のいずれか1項に記載の半 単体設置の製造方法によって形成された806概を多め G膜または無機SOG酸である半導体装置の製造方法。 配線間の原間絶縁限として用いる半導体装置。

「発明の詳細な説明」

近および非尊体装置に係り、群しくは、SOG (Spin 0 n Glass)版の製造方法および当該SOG販を用いた榜 「治明の属する技術分野」本治明は半幕体装置の製造方 問題検験に関するものである。 0001

0 0.0 2

[従来の技術] 近年、半導体集積回路のさらなる高集積 坦でないと、時間絶縁版の上部に形成された配線に段差 が生じて断線などの故障が引き起こされる。従って、増 問絶縁膜の表面(すなわち、デバイスの表面)は可能な 果り平規化されていなければならない。このように、デ 化を実現するために、配線の版細化および多特化を進め ることが要求されている。配線を多層化するには各配線 間に質問絶縁既を設けるが、その質問絶縁腕の表面が平 配線の微細化および多層化に伴ってますます重要になっ パイスの表面を平坦化する技術は平坦化技術と呼ばれ、

採版としてSOG販があり、特に短問絶縁般材料のフロ [0003]平坦化技術において最も多用される時間絶 一特性を利用した平坦化技術において盛んな検討がなさ

れている。SOGとは、シリコン化合物を有機溶剤に溶 リコンを主成分とする既の総称である。SOG阪を形成 を報和するように形成される。その結果、当政済液の故 解した溶液、および、その溶液から形成される「酸化シ 資産液の複数は、配線によって形成される場板上の投送 コ基した、その国籍には述べ、その記録には述べ、収益 **有機溶剤が蒸発すると共に重合反応が進行して、表面が** するには、まず、シリコン化合物を有機溶剤に溶解した 発液を基板上に減下して基板を回転させる。すると、当 夏の表面は平坦化される。次に、熱処理が摘されると、 平川なSOG観が形成される。

うに、シリコン化合物中に有機成分を含まない無機SO G版と、一般式 (2) で及されるように、シリコン化合 [0004] SOG駅には、・飲火(1) で見されるよ **第十二 在数据分を会り在数SOG配とがある。**

(RX SiOy) n …… (2)(n, X, Y; 整数、R; アルキル塔またはアリール [0005] (SiO₂)_n

無限SOG脱は、水分および水酸場を多量に含んでいる。 1.12. CVD (Chemical Vapor Deposition) 12:12. を0.5 ヵm 以上にすると禁処理時にクラックが発生し場 **に形成なれたショコン数化製に比べた範囲であり、駅**程 いという欠点がある。 【0006】 - 方、有概SOG版は、分子時語上、アル ため、熱処理時におけるクラックの発生が抑制され、駁 以を0.5 ~1 gm 程度にすることができる。従って、有 機SOG脱を用いれば、脱炉の大きな層間絶縁脱を得る ことができ、塩板上の大きな段差に対しても下分を平坦 キル塔またはアリール塔で結合が開じている部分がある 化が可能になる。

れているため、ピアホールを開口する際のエッチングに グでは、四フッ化炭素と酸素の混合ガス系を用いる必要 がある。…般に、層間絶縁殿にピアホールを開口する際 のエッチングでは、エッチングマスクとしてフォトレジ ストが川いられる。しかし、四フッ化炭素と依素の混合 ガス系をエッチングガスとして川いると、フォトレジス トまでもエッチングされてしまう。その結果、フェトレ ジストでマスクされている有機SOG脱までもエッチン **グされてしまい、敬和なピアホールを正確に形成するこ** 【0007】しかし、有限506級には有限成分が含ま おいて、四フッ化炭素と水素との混合ガス系(CF』+ め、有数SOG駅にピアホールを開口する際のエッチン H2) を川いるとエッチングレートが近くなる。そのた とができなくなる。

[0008]また、無数SOG脱に比べれば少ないもの る。さらに、SOG版の絶談性および機械的適度は、C V D近によった形成がされショコン優先数に比ぐれ京 の、有限SOG駅にも水分および水酸塩が含まれてい

い。そのため、一枚に、SOG版を房間絶核版として川

(2)

 $\overline{\epsilon}$

C. Cheng. H. C. Huang, M. S. Lin, Proc. of IEEE VMI う。リセスが発生すると、スパック法を用いて配線を形 いる場合には、水分および水酸馬を適断する性質に加え て絶縁作および機械的速度が高い。他質をもつ絶縁脱をS OG駅の上層および下層に形成したサンドゥイッチ構造 が採用される。そのような絶数脱としては、通常、CV 【0009】 Lかし、有数SOG販には有数級分が含ま れているため、ピアホールを周出する際のエッチング時 に、有機SOG厩中に含まれる水分や下層のシリコン酸 化版からの酸素供給により、上層および下層のシリコン る。また、エッチングマスクとして川いるフォトレジス トを除去する際のアッシング処理時には、有機SOG販 に含まれる有機成分も分解するため、有機SOG販が収 り、有機SOG厩部分が後週してリセスが発生してしま 成する際に、ピアホール内に配数を十分に埋め込むこと 痣、リセスはレトログレッション(Retrogression)と もいう。また、有機SOG脱に含まれる有機成分が分解 すると、有機SOG厩の吸湿性が高まる。ちなみに、こ D法によって形成されたシリコン酸化酸が川いられる。 ができなくなり、良好なコンタクトが得られなくなる。 れらの問題については、 (C. K. Wang, L. M. Liu, H. **位化原に比べて右模SOG駅が充分にエッチングされ** 箱する。その結果、有機SOG脱にクラックが生じた

[0010] そこで、特開平1-307247号公報に - S i 結合に変化させ、有数SOG酸に含まれる有機成 開示されるように、有機SOG版に酸素プラズマ処理を 簡すことで、有機SOG膜中のCーSi結合をSi-O 分を分解する方法が提案されている。

C. p. 101 (1994)..] に詳しい。

現前後の赤外吸収スペクトルを示す。高、有機SOG酸 の組成は [CH3 Si (OH) 3] で、その観察は3000 OC駅が形成される。続いて、処理時間;60秒間、高周 流山:600sccmの条件で有機SOG脱に酸素プラズマ処理 Aである。その形成方法は、まず、前記組成のシリコン 化合物のエタノール溶液を基板上に滴下して基板を回転 建度:4800 rpmで20秒間回転させ、当該溶液の被膜を基 てで1分詞、200 じで1分詞、300 じで1分詞、22じで 1分間、300 ℃で30分間、順次熱処理が施されて有機S 波電力 (RF Power) ;500 W、数定温度;360℃、酸素 板上に形成させる。次に、発素雰囲気中において、100

4 は検索プラズン処理を摘されてからクリーンルーム内 で人気中に7日間騒された後の有機SOG膜の赤外吸収 [0012] 図44において、グラフ44-1は有機S グラフ44-2は依素プラズマ処理が施された直後、グ ラフ44-3は後素プラズマ処理が摘されてからクリー ンルーム内で大気中に3日間晒された後、グラフ44ー OG駅の形成直後 (核素プラズマ処理が描される前)。 スペクトルである。

マ処理前には、波数 (WAVE NUMBER) ; #53000cm-1と125 る。尚、約3000cm-1付近の吸収ビークはC — H 結合の仰 稲に起因し、1250cm−1付近の吸収ビークはC − H結合の 4 4 - 4 にパすように、低者プラスで処理後には約3000 cm-1および1250cm-1付近に吸収ビークが見られない。 従 って、後者ブラズマ処理により、有機SOG膜に含まれ [0013] グラフ44-1にポすように、酸糸ブラス 党角に起因するものである。しかし、グラフィ4ー2〜 0cm-1付近に有機成分に起因する吸収ビークが見られ る有機成分が分解されているのがわかる。

[0014] しかし、グラフ44ー2に示すように、他 の仲稲に起出し、930 cm-1付近の吸収ビークはSi-0 れてから時間を終るほど大きくなる。これは、厳器プラ でも、有機SOG脱は大気中の水分を吸収するため、36 どたきくなる。しかし、後套プラスマ処理が描された場 ※ブラズマ処理直後には3600cm-1および930 cm-1付近に 付近の吸収ビークはH-OH, Si-OHのO-H結合 U930 cm-1付近の吸収ピークは酸器プラズマ処理が摘さ ズマ処里が陥された右機SOG販が大気中の水分を吸収 したためである。這、酸素プラスマ処理を値さない場合 00cm-1および930 cm-1付近の吸収ヒークは時間を終るほ 木俊塢に起凶する吸収ピークが見られる。尚、3600cm−1 HのSi-O結合の仲稿に起因するものである。また、 グラフ44-2~44-4に示すように、3600cr-1およ 合には、その吸収ピーケの増大がより顕著となる。

[0015] このように、有機SOG版に依装プラズマ 処理を施す方法には、有機成分が分解されるという利点 がある反面、膜中に含まれる水分および水酸基が増大す るという欠点がある。

[0016] SOG酸に含まれる水分および水酸場が増 大するとポイズンドピアなどの不良が起こる。ポイズン ドビアとは、配録に金属を用いた場合、ピアホール部に ル部の配穀が悩食される現象である。また、ピアホール 部に済出しているSOG販に含まれる水分とピアホール 路出しているSOG阪に含まれる水分により、ピアホー 部の配線とが反応し、コンタクト抵抗が高くなるという 問題もある。もなみに、これらの問題については、 (C. 1. Bozarth, B. Mumford, Proc. of IEEE VMIC, p. 404 Chiang, N. V. Lam, J. K. Chu, N. Cox, D. Fraser, (1987).]に詳しい。

[0017] これを防止するには、崩乱サンドウイッチ O G版をエッチパックする工程が必要になるため、その 構造(CVD法によって形成されたシリコン核化版をS 共に、上層のシリコン酸化酸を形成する前にSOG膜を エッチバックすればよい。そうすれば、ピアホールの断 ピアホール語にSOG版が協出しなくなる。しかし、S O G 膜の上層および下層に形成する構造)を採用すると かだけ製造工程が複雑化してスルーブットが低ドすると 面が上層および下層のシリコン酸化販だけで形成され、 いう問題がある。

eu. Proc. of IEEE VAIC, p. 81 (1994). 松照() 。 同語文 [0018] そこで、有极SOG版にイオン注入注を用 いてフッポをドーブすることで、有数成分を分解させる のフッポイオンを消入し、425 でで30分間の熱処理を摘 した結果、有機SOG脱に含まれる水分を減少させるこ と共に、原中に含まれる水分および水僅塔を減少させる …; 40keV またはS0keV で、ド・メル; 3 ×1015cm -2 には、駁厚:4000人の有限SOG鮫へ、加速エネルギ とができたと心板されている。

[0019] また、有限SOG殿にイオン注入法を用い 分解させる方法が提案されている(N. Moriya, Y. Shac てシリコンまたはリンをドーブすることで、有模成分を ham-Diamond, R. Kalish, J. Electrochem. Soc., Vo 1.140. No.5. p.1442 (1993), 25HE) s

S. Lin, Proc. of IEEE VMIC, p. 101 (1994). M. Matsu ura, Y. Ii, K. Shibata, Y. Hayashide, H. Kotani, P 素, 酸化窒素 (N2 O) などのプラズマ処理を縮すこと [0020] ちなみに、有機SOG版にアルゴン、強 K. Wang. L. M. Liu, H. C. Cheng. H. C. Huang, M. で、有機成分を分解させる方法も提案されている [C. roc. of IEEE VMIC. p.113 (1993). 松照)。 [金明が解決しようとする課題] しかし、有機SOG験 にイオン注人法を用いてファ素をドーブする方法には、 以下の問題がある。

[0021]

【0022】(1)配袋にアルミニウムが川いられた場 台、SOG脱中のフッ素によってアルミニウムが腐食さ 11.5 (Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 31 (1992) pp. 2045-2048 Par t 1.No.6B, June 1992 婺照]。

ドープしたSOG酸が形成された場合、SOG酸中のフ ッ素によってゲート絶縁脱が低誘電率化されるため、ゲ ト絶縁膜の実効的な般厚が厚くなる。その結果、関値 [0023] (2) MOSトランジスタの上にフッ基を 追屈が変化するなど、MOSトランジスタの表子特性が 役計値とは異なったものになる。

[0024] (3) MOSトランジスタの上にフッ素を がリンまたはボロンの不純物拡散によって形成されてい ドープしたSOG酸が形成され、ソース・ドレイン領域 る場合、SOG較中のファ素によって当該不純物拡散が 抑制される。その結果、MOSトランジスタの素子特性 が設計値とは異なったものになる。

リンとが反応してリン酸 (H3 PO4) が生成され、そ 【0025】また、有機SOG脱にイオン注入注を用い てリンまたはリンの化合物をドープする方法には、RC段 にアルミニウムが川いられた場合、SOG脱中の水分と のリン俊によってアルミニウムが腐食されるという問題 [0026] そして、有機SOG駅にイオン注人法を用 いてシリコンまたはシリコンの化合物をドープする方法

ILIは、SOG駅の単温性が高くなりが開発技能としての 作能が劣化するという問題がある。 [0027] 本発明は上記問題点を解決するためになざ 1) SOG較に含まれる水分および水酸塩を減少させる れたものであって、以下の目的を有するものである。 ことが可能な事項体設置の製造方法を提供する。

ることが可能な好問絶縁脱を備えた事尊体装置を提供す [0028] 2) SOG脱に含まれる有数成分を分解さ せると共に、駅中に含まれる水分および水酸塔を減少さ 3) 平川性に優れ、ポイズンドピアなどの不良を回路す せることが可能な事際体製器の製造方法を提供する。

[0029]

は、SOG畝にイオン北人を行う。川根を備えたことをそ 【課題を解決するための手段】 指求項1に記載の発明 の気行とする。

>, III b, IVb, Vb, VIb, VII b, IVa, VaO オンをイオン注人込を用いてSOG原にドーブする工程 各族の元素単体イオン、またはこれら元素の化合物イオ [0030] 崩氷項2に記載の発明は、氷浴性ガスイポ ンからなるグループかの選択された少なへとも、しのイ な箔えたことをその安下とする。

物イオンからなるグルーブから選択された少なくとも… 【0031】 南水東3に記載の発明は、不済化ガスイオ ン、ボロン、資益、債素、アルミ、イオウ、塩益、ガリ ス、チタン、ニオブ、ハフニウム、タンタルの元紫単体 イオンまたはこれら元素の化合物イオン、ファ素の化合 つのイオンをイオン注人法を用いてSOG脱にドープす ウム, ゲルマニウム, ヒ紫, セレン, 泉紫, アンチモ ン, ヨウ素, インジウム, スズ, テルル, 紅, ピスマ る工程を備えたことをその要指とする。

[0032] 胡氷魚4に記載の発明は、不消性ガスイオ ン、ボロンもしくはと表の元素単体イオン、またはこれ ら元素の化合物イオンからなるグルーブから選択された 少なくとも一つのイオンをイオン注人法を川いてSOG 版にドープする工程を備えたことをその要旨とする。

[0033] 請米項5に記載の発明は、請米項1~4の 前記SG阪は有機SOG阪または無機SOG鮫である いずれか1項に記載の半導体装置の製造方法において、 ことをその契行とする。

[0034] 請求項6に記載の発明は、請求項1~5の いずれか1項に記載の半導体装置の製造方法によって形 成されたSOG駅を多塔配袋間の時間絶縁観として川い ることをその安丘とする。

(第1支稿形態) 以下、本発明を具体化した第1支稿形 題の製造方法を図1および図2に従って説明する。 [発明の実施の形態]

0) p型(またはn型)単結品シリコン基板1の上にゲ [0036] まず、図1 (a) に示すように、(10

9

ート絶縁腕2 (脱厚:100 A) およびゲート電極3 (脱 ス・ドレイン領域4が自己整合的に形成されてMOSト パ;2000人)が形成される。そして、ゲート絶斡脱2お よびゲート電極3をマスクとするイオン注入法を用いて 塔板1にn 頓 (または p 頓) 不純物がドープされ、ソー ランジスタが完成される。

CVD法を用いて、デバイスの全面にシリコン酸化版5 O2), TEOS (Tetra-ethoxy-silane) と低素 (T EOS+〇2) などであり、成既温度は300 ~900 ℃で (殿屋:1500人) が形成される。高、このプラズマCV D法で用いられるガスは、モノシランと亜酸化窒素 (S [0037] 次に、図1 (b) に示すように、プラズマ i H4 + N2 O) 、モノシランと酸素 (Si H4 +

ン後化脱5の上に有機SOG脱6が形成される。有機S OG版6の組成は [CH₃ Si (OH) ₃] で、その版 厚は4000人である。その形成方法は、まず、前記組成の タノール溶液の被原は、場板11.の段差に対して、その に形成される。その結果、エタノール溶液の核酸の表面 は平坦化される。次に、登森雰囲気中において、100 ℃ 分間、300 ℃で30分間、原次熱処理が陥されると、エタ ノールが蒸発すると共に重合反応が進行して、表面が平 て基板を阿剌達度;4800 nmで20秒間回転させ、当裁浴 液の核膜を塔板1の上に形成させる。このとき、そのエ 門部には厚く、その凸部には薄く、収込を栽組するよう で1分間、200 ℃で1分間、300 ℃で1分間、22℃で1 【0038】 続いて、図1 (c) に示すように、シリコ シリコン化合物のエタノール溶液を基板1の上に滴下し 担な有機SOG膜6が形成される。

ループから選択された、つのイオンを有限SOG版6に ドーブすることで、有機成分を分解させると共に、膜中 有限SOG版もは、有機成分が含まれず、水分および水 **砂場が悩かしか含まれないSOG駅(以下、改覧SOG** 【0039】そして、イオン注入法を用いて後記するグ に含まれる木分および水酸塩を減少させる。その結果、 版という)7に変えられる。

[0040] 次に、図2 (a) に示すように、プラズマ **吸8 (阪厚;200 A) が形成される。シリコン酸化膜8** [0041] 続いて、図2 (b) に示すように、四フッ CVD法を用いて、改覧SOG版1の上にシリコン酸化 の形成条件はシリコン酸化脱5と同じである。

ルミニウム脱が堆積され、そのアルミニウム駁が所望の 化炭素と水素の混合ガス系をエッチングガスとして用い [0042] その後、図2 (c) に示すように、スパッ 7法を用いてピアホール 9内を含むデバイスの会面にア パターンになるように異方性エッチングが行われてソー ス・ドレイン結構(ソース・ドレイン配線)10が形成 る呉方性エッチングが行われ、ソース・ドレイン領域4 の上の各版5~8にピアホール9が形成される。

[0043] 本茂循形編の製造方法によれば、以下の作 川および効果を得ることができる。

程度にすることができる。従って、改質SOG膜7を川 き、基板1上の大きな段差に対しても下分な平川化が可 ①シリコン酸化酸5と改質SOG酸1とシリコン酸化酸 ジスタの上に形成されている。 政貿SOG版7は有数S おけるクラックの途生が抑制され、殿屋を0.5 ~1 μm 8 とからなる3 対訴訟のが回絶់検験11がMOSトラン OG殿6と同様に、分子構造上、アルキル場またはアリ -- ル基で結合が国じている部分があるため、熱処理時に いれば、原間絶縁脱11の脱げを大きくすることがで

[0044] 34シリコン酸化脱5, 8で必然SOG脱 は、毎四絶稜版11全体としての絶縁化および鼓検的強 水分および水磁塔がMOSトランジスクに与える影響を 無くすためである。そした、シリコン後化版8が設ける れているのは、改賞SOG膜7が大気中の水分を吸収す 度を高めるためである。また、シリコン酸化酸5が設け られているのは、改数SOG版7に伝かに含まれている 7 が快まれたサンドウイッチ構造が採用されているの るのを貼ぐためである。

も、そのフォトレジストが役されることはなく、そのフ チングされることもない。従って、疫쐴なピアホール9 [0045] ③改作SOG版7には有機成分が含まれて ことができる。そのため、当数エッチングにおいて、エ いないため、ピアホールりを形成するためのエッチング を、四フッ化炭素と水素の混合ガス系の雰囲気中で行う *トレジストでマスクされている政权SOG版7がエッ ッチングマスクとしてフォトレジストを用いた場合で を正確に形成することができる。

[0046] 王改哲SOG版7には有機成分が含まれて リコン酸化脱5,8と同じになる上に、エッチングマス グ処別時に改覧SOG版7が収縮することはない。その ピアホール9を形成する際にリセスが発生することはな い。従って、ピアホール9内にアルミニウム駁を十分に 型め込むことが可能になり、ソース・ドレイン電搬10 とソース・ドレイン領域4との間のコンタクトを良好に いないため、収賞SOG版1のエッチングレートは谷ツ グとして川いたフォトレジストを除去する際のアッシン ため、改質SOG阪1にクラックが生じることはなく、 することができる。

リコン位化版5、8を省いて改置506版7を単層で用 ず、水分および水酸基が僅かしか含まれないため、各ツ [0047] 回收机SOG版7には有機成分が含まれ いることもできる。

[0048] (第2災施形態) 次に、本発明を具体化し た第2 実施形態の製造方法を図3 および図4 に従って説 **男する。尚、本実摘形態において、第1実施形態と同じ** 構成部材については符号を与しくしてその詳細な説明を

およびゲート指摘3が形成され、ソース・ドレイン領域 22が形成される。その数、スパック法を用いてピアキ れ、そのアルミ駅が所架のパターンになるように異方性 [0049] まず、図3 (a) に水すように、p型 (ま たは n 型)単結晶シリコン基板1の上にゲート絶縁版2 4 が形成されてMOSトランジスタが完成される。そし て、デバイスの全面に特別絶縁数21が形成され、ソー ス・ドワイン紀式40~6粒回路技数21にアアポール エッチングが行われてソース・ドレイン出版 (ソース・ **ール2.2 内を含むデバイスの金面にアルミ殿が堪構さ** ドレイン配線)10が形成される。

(c) に示すように、シリコン後化膜5の上に有機50 [0050] 次に、図3(b)に示すように、デバイス の全面にシリコン酸化酸5が形成される。続いて、因3 G厩6が形成され、イオン注入によって有機SOG厩6 は改質SOG膜7に変えられる。

OG膜7の上にシリコン酸化膜8が形成され、層間絶縁 [0051] そして、図4 (a) にボすように、改姓S 門フッ化炭素と水素の混合ガス系をエッチングガスとし て用いる景方位エッチングが行われ、各版5~8にピア 脱11が形成される。次に、図4(b)に示すように、 ホール 9 が形成される。

ルミ膜が堆削され、そのアルミ膜が所望のパターンにな るように以方作エッチングが行われて配線23が形成さ [0052] 続いて、囚すっこ にかずように、スパッ タ法を用いてピアホール 9 内を会む デバイスの会画にア

いる。この場合でも、MOSトランジスタおよび第1AL [0053] このように、本実施形態では、第114戦時 としてのソース・ドレイン配銀10の上に、傾間絶縁既 1.1を介して第2配線層としての配線2.3が形成されて **報格に影響を与えることなく第1支施形態と同様の作用** および効果を得ることができる。

改質SOG版7の電気的特性については、アルミニウム 記様を用いたMOS(Metal Oxide Semiconductor)キ 次に、改質SOG阪7の構造および各種特性について調 (Electron Spin Resonance) 注、TDS (Thermal Desorpt 注、SIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy) 注、ESR ナバシタを作裂し、路周波CV(Capacitance Voltage) [0054] (改覧SOG脱7の構造および各種特性) くた結果を述べる。改訂SOG数7の構造については、 母然性、および吸湿性の評価指果とあわせて検討した。 ion Spectroscopy)法を用いて評価し、プラスマ耐性、 FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) 注を用いて評価した。

は、מ素雰囲気で熱処理した前後の膜原変化に着目して 【0055】駿の安定性に関して、耐熱性、プラズマ耐 し、FT-IR 法による赤外吸収スペクトル (FT-IR スペク 住、水分透過性、吸湿性に着出して評価した。耐熱性 評価した。また、TDS 辻を川いて脱煙するガスを分析

トル)の変化と比較して依計した。ブラズマ耐性は、ブ ラズマ(レジストをアッシングする条件) に関した道後 の股厚数化や赤外吸収スペクトルの変化に着目して活価 内に放置した前後、およびプレッシャー・クッカー試験 した計算した。各SOG数6、7の数形は、所述SEN(Se anning Electron Microscope) 过を川いて洋価した。 糸 SOG底6, 7の電気的特性は、(100) n型単結晶 シリコン馬板上にアルミニウム電極を用いたMOSキャ パシタを作製し、高周波の法(周波数; 13412)を用い て評価した。NOSキャパシタは温敏形成後に、フォー ミングガス(H2 / N2 = 1/9) 中で450 ℃で15分の熱処理 した。吸湿性や水分透過性については、クリーンルーム (PCT) を行った前後の赤外吸収スペクトルの変化に着日

< A - 1. 改賞SOG版7中の化学報合 (FT-IR 法) > 図5に、有限SOG版6に確々のイオンが注入された値 後の赤外吸収スペクトルをFT-IR 法によって測定した結 果を示す。尚、イオン注入の条件は、加速エネルギー; 140keV、ドーズ量:1 ×10^{16cm-2}であり、イオン記入後 に300 でで30分間の熱処理が行われる。また、イオン注 入後の熱処理については省いても同様な結果を得ること [0056] (A. 改聚SOG販7の開班效化) かいもの

後、グラフ5-6ほシリコンイオンが注入された直後、・ [0057] 図5において、グラフ5-1は有限50G 膜6の形成直後(イオン注人が行われる前)、グラフ5 **-2はフッ化シリコン(SiF3) イオンが注人された** 直後、グラフ5~3はフッ化ポロン(BF2)イオンが 注入された直後、グラフ5ー4はアルゴンイオンが注入 された直後、グラフ5ー5はリンイオンが法入された直 グラフ5-7はボロンイオンが主人された直後、グラフ 5-8はファポイオンが形人された直後の改賞306殿 **この赤外吸収スペクトルである。**

[0058] グラフ5ー1に示すように、イオン注人前 には、波松 (WAVE NUMBER) : 約3000cm-1と1250cm-1付 近に有機成分に起因する吸収ビークが見られる。尚、約 L、1250cm-1付近の吸収ビークはC-H結合の変角に起 因するものである。しかし、グラフ5ー2~5-8に示 すように、イオン沪人後には約3000cm-1および1250cm-1 付近に吸収ピークが見られない。また、グラフ5ー?~ 5-8に示すように、注入するイオン権を変えても改質 SOG脱りの赤外吸収スペクトルは変化しないことがわ かる。従って、イオンが注入されることで、有機SOG 3000cm-1付近の吸収ビークはC-H結合の仲類に起因 脱6に含まれる有機成分が分解されることがわかる。

[0059] ところで、改気SOG版7に水分および水 **佐塔が含まれているならば、図4.4 に示す依案プラズマ** 処理を施した場合のように、3600cm-1および930 cm-1付 る。尚、3600cm-1付近の吸収ピークはHーOH, Siー 近に木酸塔に起因する吸収ビークが見られるはずであ

ピークはSi-OHのSi-O特合の戸路に起因するも に含まれる木分および木砂場が減少していることがわか 〇Hの〇-日結合の仰脳に起因し、930 cm-1付近の吸収 **うな吸収ビークは見られない。従って、イオンが出人さ** れた直後には、有機500隊6に比べて収到500級7 のである。しかし、グラフ5-2~5-8には、そのよ

は図3におけるそれと同じであり、イオン値を変えても 【0060】図6に、有機SOG版6に1オンがA大き れた演後の赤外吸収スペクトルをFT-IR 法によって調定 した結果を示す。尚、イオン注人の条件およびイオン権 **女質SOG駁7の水外吸収スペクトルは変化しない。**

[0061] 図6において、グラフ6ー1はá膜SOG 役、グラフ6~3はイオンが注入されてからクリーンル オンが注入されてからクリーンルーム内で大気中に10 日間晒された後の改賞SOG膜1の亦外吸収スペクトル 戦6の形成直後、グラフ6-2はイオンが主人された直 ーム内で大気中に111周脳された後、グラフ6-4はイ

は、3600cm-1および930 cm-1付近の吸収ビークが時間を 経るほど大きくなっている。つまり、酸素プラズマ処理 が悩みれた前板SOG殿に比えた、攻打SOG殿1の吸 cm-1付近の吸収ビークはほとんど大きくならない。従っ て、政党SOG厩でに含まれる水分および水敷場は専門 【0062】グラフ6-2~6-1に示すように、イオ を絵でも畑大しないことがわかる。-・ガ、図44に小す ン注入が行われてから時間を経ても3600cm-1および930 ように、後者プラズマ処理が陥された有機SOG飯で 湿性は低下していることがわかる。

[0063] 图7および図8に、有機SOG版6に注入 するイオンのドーズ注を変化させた場合の水外吸収スペ keV の場合、図8に示すのは加速エネルギー;140keVの 場合であり、それぞれイオン注入後に300 ℃で30分間の は省いても同様な結果を得ることができる。また、沈人 り、イオン種を変えても改質SOG膜1の水外吸収スペ オン注入の条件は、図7に示すのは加速エネルギー;30 熱処理が行われる。尚、イオン電人後の熱処理について クトルをFT-IR 法によって測定した結果を示す。高、1 するイオン種については図5に示したものと同じであ クトルは変化しない。

[0064] 図7および図8において、グラフ1-1お tびグラフ8-1は有機SOG版6の形成直後、グラフ グラフィー3およびグラフ8-3はドーズ船;1×1Cl5 cm-2、グラフ7-4およびグラフ8-4はドーズ量;1 . -2およびグラフ8-2はドーズ量;1 ×1C¹⁴cm⁻²、 ×10^{16cm-2}の場合の赤外吸収スペクトルである。

[0065] グラフ7ー1~8~4に示すように、イオ ンのドーズ量が増えるほど3600cm-1および930 cm-1付近 の吸収ピークが小さくなっている。従って、注人される イオンのドーズ脳を紹やすことにより、改質SOG版7

院6の形成直後よりも順中に含まれる水分および水酸場 何し、ドーズ抗:1×10¹⁴cm-2の場合には、有数SOG が増たしている。しかし、図44にホナプラズマ処理を に含まれる水分および水酸塩が減少することがわかる。 指した場合に比べれば、その個人の近かは関めた小が

O G 販了に含まれる水分および水酸塔が増大されないた 良が起こるのを時止することができる。従って、本実施 形態によれば、有機S0G阪に依蓋ブラズマ処理を摘す 従来倒に比べて製造工程が簡単になり、スルーブットを [0066] このように、本実施形態によれば、有機S となく、ピアホール 9 において ポイズン ドピアなどの 4 め、有限506般6をエッチバックする工程を使けるこ 向上させることができる。

って副定した結果を示す。尚、イオン注入の条件は、加 [0067] 図9に、存載506数6にアルゴンイオン が主人された直後の赤外吸収スペクトルを口-1R 法によ 涵エネルギー;140keV、ドーズ数;1 ×1015cm−2であ

が分解したことを示唆している。また、0-H :3500cm 付近) やSi-CH3 (1250cm-1付近) に関する吸収ビ **−ヶが見られない。これは有機SOG畷6中の有機成分 イオン注人前後で、あまり大きな変化が無いことも分か** 【0068】以ばSOG際7では、—CH (約3000cu-1 -1(4近) やSi-〇 (1100cm-1(4近) の吸収放度には、

C: 452 kJ/mol, C-H: 333kJ/mol, O-H: 428kJ/ mol)に着日すると、Si-Oの結合エネルギーは他の 指合の2倍程度大きい。その指果として、Si-O結合 スペクトルにおいて、 900cm-1付近と2100~2300cm-1に も吸収ピークが新たに発生することが分かった。これら されたイオン衝撃のエネルギが、上記過程の主たる要因 であると考えられる。さらに、関5に示すように、その オン種に低着しない過程がまたる要因であることを示唆 している。また、有数50G膜6中に含まれている化学 の切断は顕著でなく、C-日結合が優先的に切断されて いると考えられる。さらに、改質SOGW7の赤外吸収 [0069] アルゴンは不活性な元素であるので、注入 他のイオンでも同様の結果が得られており、注入するイ **熱心の熱心エポッポー(Si-0:800kJ/mol. Si-**の吸収は、SiーH結合に関するものと考えられる。

に、イオン注入によって分解された有機成分(特に、炭 素)の存在の有無を調べることを目的として、イオン注 て評価した結果を示す。高、イオン派人の条件は、加速 ても、ほとんどの炭素原子は膜中に吸留していることが 人前後の误素濃度の深さ方向分布についてSIMS法を用い 図10から、A-1. で消くたように有数成分が分解し 分かった。このとき、炭素濃度は膜中で均一であり、イ エネルギー: 140keV、ドーズ: 1.1 × 10^{15cm-2}である。 【0070】<A-2、炭素濃度(SIMS 法) >図10

この結果は、炭素は揮発性化合物に変化せず、脱中に留 まっていることを示唆している。また、その他のイオン (何えば、フッ春や皇者など)を派入した場合でも、琰 着の流度分布が変化せず、駅中に異留することを確認し オン油人前後で課ぎ分布の変化がないことが分かった。

【0071】 尚、RBS (Rutherford Back Scattering method)による続中の平均原子数の比は、有機SOG 版6では0/Si:1.67, C/Si:0.3、世間SOG 照7では0/Si:1.72, C/Si:0.3 である。

1022cm -3)が1 ×10¹⁹cm -3 程度に減少することが既 に報告されている (C. K. Wang, L. M. Liu, H. C. Che ng. H. C. Huang, M. S. Lin, Proc. of IEEE VMIC. p. 101 (1994). 参照]。イオン注入法を用いた改覧SOG 脱りでは、炭素がほとんど吸留しているので、酸素ブラ ズマ処理を用いた場合とは異なる特性をもつことが開停 【0072】・方、佐春ブラズマ処理を用いて改覧した 場合、有数SOG數6中の販器(プラスで処理資は5×

図11に、有機SOG膜6にアルゴンイオンが拒入され [0073] < A - 3. ゲングリングボンド(ESRij.) > た直後のダングリングボンドをESR 法によって測定した 結果を示す。尚、イオン法人の条件は、加速エネルギ - ; 140keV、ドーズ!!::1 ×10^{15cm-2}である。

(水素, 酸素, 炭素, シリコン)と粘合していることに なる。さらに、図りでは、炭素と水素の結合に関する吸 [0074] 有機SOG膜6では、基板表面に存在する ガ、改賞SOG版1では、炭素のタングリングボンド(g - 2.0025)が規測されるようになる。このときの炭素の た。一方、図10の炭素濃度を深さ方向に積分すると炭 素原子の血密度は、5 ×10¹⁷cm-²となる。炭素には粘合 手が4 本あるので、全ての炭素の結合手が末結合であっ ら、脱中炭素の指合手の99、85%は、脱中に存在する原子 Pbセンタ (g=2,0064)以外は説頭されなかった。このとき た場合、2 ×10^{18cm-2}のゲングリングボンドが存在する ことになる。ところが、実際に観測された炭素のゲング か、またはシリコンや俊素と結合していることが推察さ のPbセンタの道密度は3.2 ×10¹²cm -² であった。--ゲングリングボンドの面密度は3.0 ×10^{15cm-2}であっ リングボンドの巡流反が3.0×10¹⁵cm-2であることか 収は設調されていないので、炭素尚上で結合している

(B. 改覧SOG販7の安定性)

OG版7の版序減少に着出して評価した。因12に、有 加速エネルギー;140keV、ドーズ弧;1 ×10^{15cm-2}であ 股SOG賦6にアルゴンイオンを注入して形成した改質 SOG脱7を指表が開気中で30分間の熱処理を施したと <B-1.耐熱性>耐熱性の指標として、まず、改質S きの阪屋変化について示す。高、イオン注入の条件は、

【0075】 (1数SOG版6に熱処理を施した場合、然 **処理温度が高くなるに従って限度が減少する。この履度 思した場合の阪屋と同程度になっている。これから、改** 減少は、熱処理環度が高くなるにしたがって敷が緻密に なることが原因であると考えられる。一方、改質SOG 女红SOG数7の数字は有数SOG数6を800 CC法例 **们SOG脱1では、仏版SOG駅6々800 じで法処理し** [0076] < B - 2. 熱風端ガス特性>図13に、有 SOC版でかな諸沙耳父で30分回の私角組を指し、FT-1 R 法を用いて評価した結果を示す。400 も以上の然処理 では、温度を上げるにしたがって、Si-Hに関すると た場合と同程度まで限が報審化していることがわかる。 段SOG駅6にアルゴンイオンを注入して形成した改到 及では800 でで英処理しても取りが減少しない。また、 予選される吸収ビーク(900cm-1(+近と2100~2300cm-1) が徐々に減少していることが分かる。

[0077] 図14に、収包806数7を強縮が回知で **示す。尚、イオン注入の条件は、加速エネルギー;140k** 30分間の果処理を施し、TDS 法を用いて評価した結果を eV、ドーズ景:1×10^{15cm-2}である。

される。FT-IR 法で製鋼されたSiーHに関すると予測 られる。この結果、 900cm -1 付近と2100~2300cm-1の [0078] 400 で以上の然処理では水法の収益が設調 される吸机ピークの学動と傾向が一致するので、Si-Hから解落した木塔がTDS 分析で説調されたものと考え 吸収はSiーHに関する吸収であると考える。このこと は、これまでに報告されていない。

i-OHまたはH2 Oから解離した水素) が関係してい H指合の形成過程には、イオン衝撃によって解媒した水 素 (王メチル塩を構成する炭素から解離した木茶、②5 ると考えれられる。すなわち、傚素や炭素が解離するこ 【0079】イオンを注入することで形成されるSi-とによって形成されたシリコンのゲングリングボンド を、①または②の水素が幹端していると考えられる。

有機SOC版6とを比較したところ、必質SOC版でに 3(m/e=15) ; 0.1 , H₂ O(m/e=18) ; 0.1 , CO(m/e=22 0. C0, C02 で同じ1.0 である。このように、以 [0080] さらに、TDS 注を川いて改賞 S O G 殿 7 と **OG駁6における各m/eの机材強度は、H2, CH3, H** 質SOG脱7のガが、H2 O(m/e=18)やCHX (m/e=14, 15)に関する脱離が少なく、H₂(we-2)やCO_X(we-2 おける各m/eの削斗歯度は、H2(w/e=2);13、CH 8,44)が多いことが分かった。

したときの模様変化について示す。尚、イオン注入の糸 [0081] <B-3. ブラズマ耐性>使素ブラズマ射 作の指語として、収欠806数7の数厚減少に浴用した 評価した。図15に、有数SOG数6にアルゴンイオン を注入して形成した改質SOG取りを依然プラズマに順 作は、加選エネルギー;140keV、ドーズ強;1 ×1¢¹⁵cm 17 IF 1'09-069562

[0082] 有限SOG脱6を依装プラズマに関した場 イト、熨トメが16x 減少したのに対して、改質S0G殴1を 位表プラズマに晒した場合は、脱圧が減少しないことが bかった。同し、改賞SOG膜での関厚は有機SOG膜 6 に比べて25% 減少している。以上の結果から、有機成 6、後素プラズや耐性の優れた膜に改質されていること が分かった。また、佼芸プラズマに関した場合よりもイ オン注入した場合の方が観写演少が大きいことから、イ **かが分解して語滅するような条件でイオン注入した場** オン記入した方が眠の密度が入さいと考えられる。

こと、およびSi—〇に関する赤外吸収強度が増加する H. C. Cheng, H. C. Huang, M. S. Lin, Proc. of IEEE ーを川いて、殿屋10 mm のレジストを除去できる条件で オンを注入した場合、改質SOG膜の内部の有機SOG た。この結果、イオンをドーズする深さが極没い領域で 【0084】<B−4.水分透過低と吸湿低>41版SO が知られているが、その場合には、殿中水分が増大する [0083] 次に、イオン軍人法を用いて観及面だけを アッシング処理前後の赤外吸収スペクトルをFT-IR 法で **副記した結果を示す。アッシングは、京波ダウン・プロ 数SOG駅6のメチル場の訳が変化しないことが分かっ** 行った。図16から、注人エネルギ20keV でアルゴンイ この以枠に対してアッシング処理を摘しても、下地の石 G版6を俊杰プラズマに剛すと有機成分が分解すること 既は改質されずに扱っていることが分かった。さらに、 あっても、アッシング単性が向上することが分かった。 改質した場合のアッシング耐性を評価した。図16に、 ことが脱に報告されている (C. K. Wang, L. M. Liu, VMIC, p. 101 (1994). 松底)。

[0085] そこで、イオン注入で改覧された改質SO -1付近)の価格強度を指標とした。このときのイオン種 はアルゴンであり、注入エネルギは140keVである。後点 プラズマに戦した場合、処理宣後での水分増加だけでな 方、イオン注人の場合には、イオン注人後に増加してい ないだけでなく、クリーンルーム内で大公戸に按照して は、赤外吸収スペクトルの0-Hに関する吸収(3500cm G殿7. 依然プラズヤに属すことによって改質された仏 殿SOG脱6, 必然していない 有版SOG殿6の吸温性 も水分の増加は小さい。さらに、イオン注入した場合、 し、原中の水分を評価した結果を示す。殿中の水分量 について比較した。図17に、それぞれの改質処理前 く、1 11後でも水分が増加していることが分かる。一 後、および改費後にクリーンルーム内で大気中に放置 改質しなかったものよりも吸湿が少なかった。

くのSiーH結合をもつ (M. Doki, H. Watatani, Y. F 【0086】イオン注入した場合に吸湿が少ない原因と (1) B-2.で述べたように、イオン法入した殿中に多 urumura, Proc. of IEEE VMIC, p.235(1994). 参照)。 して、以下の駁構造が関係していると考えられる。

ちる [下川、字佐見、時様、平下、片丸、信汚技制、76 こ、イオン洋人した駁の密度が最も高く、数密を構造で [0087] (2) B-1. およびB-3. で述べたよう .92, No. 369, SDN92-133(1992)p. 89, \$2|!!!] ,

このこと 選える 三色 P. P. P. C. C. P. S. C. L. P 宝雰囲気) した精果を示す。四-取 法を用いて、有数S 全)の面積強度を求め、PCT 時間との関係をプロットし (Art 20keV)を作製し、脱合体を改貨したもの (A r+ 140keV) や改質しなかったものと比較した結果、以 [0088] 図18に、皮質SOG膜での水分の透過性 た。イオン浦人法を用いて権表面だけを改費した以料 ○ G 版 6 中の 0 - H に 図する 吸収 ピーク (3500cm −1付 ドのことが分かった。

した場合、3500cm⁻¹付近(O-Hに関する)の吸収<u>値</u>度 【0089】(I) 改聞していない有機SOG版6をPCT が傾的な増加を示す。

の吸収強度の増加は小さい。 脱表面だけを改質した試料 (2) 改質した版では、3500cm-1付近 (O-Hに関する) でも、脱余体を改覧したものと同程度である。

は改質されていない部分が存在するので、PCT して駅内 第の末度質の部分まで水分が到途すると(1)のような **変化を示すことが予測される。しかし、今回のMT 時間** [0090](3) 既表面だけを改姓した場合、既内部に の極屏 (601時間後まで) では変化は小さかった。

06版6の比談電率は3.1であり、イオンを注入しない Murase, Jpn. J. Appl. Phys. , Vol.33, p.1385 (199 [C. 電気的特性 (誘電隼)] 図19に、MOSキャバ 華化(比誘電率が6.9)していた。これは、膜中に本分 [0091] 以上の結果から、イオンを注入することで シタの春間容量値と断面SEM 法による観察から得られた 膜原を用いて、比誘電率を算出した結果を示す。有機S で依素プラスで処理を施した有数SOG数6は、高級記 が多く含まれていることが原因であると考えられる (k. 水分の透過性を抑制する扇を形成できたと考えられる。 4). 診照] 。それに対して、どのイオン(B+ ,N+ ,

ている状状の構造について考察していく必要があると考 F+ , P+ , Ar+)を泳えして改筑した改覧SOG脱 結果は、それぞれのイオン種が電気的に有効な状態で無 いことを示唆している。誘電率が比較的低い原因は不明 であるが、今後、改質された有機SOG膜6中に疫倒し 7も、比誘電率は3.5 前後になることが分かった。この さている。

量:1×1015cm-2)、| | 23は右機SOG験6にアルゴ 【0092】 (D. ピア・ホール形状) 図20~図25 は、ビアホール9の断面状態を断面SEM 法で政祭した顕 ※ 11 ×1015cm-2)、図2 2は有数SOG数6に設装イ **パンを注入した場合(加速エネルギー;80keV 、ドーズ** 凝鏡写真である。 図2 0 は有機 S O G 膜6 にイオン語人 を行わない場合、図21は有機SOG殻6にフッ装イオ ンを注入した場合 (加速エネルギー;100keV、ドーズ

- 大阪:1×10^{15cm-2})、国25は有限SOG版6に酸 点プラスン処理が描された場合(酸素プラスン処理の条 >イオンを注入した場合(加速エネルギー;140keV、ド **- 大量:1×10^{15cm-2})、図24は有限SOG駅6にリ** ンイオンを派入した場合(加速エネルギー;140keV、

作は図すすにおけるそれと同じ)を示す。

[0093] 図20に示すように、有限SOG数6に何 しかし、図21~図24に示すように有数SOG級6に ない。この結果からも、改質SOG脱7には有機成分が 含まれていないことがわかる。また、常紫イオンの注入 についても、上記の各イオンと同様の効果があることが イオンは人が行われた場合には、何2.5に示す酸塩プラ **メッ処里が悩された場合と同様に、リセスは発生してい** の処理も行われない場合には、リセスが発生している。

[0094] 上記のA. -D. の結果をまとめると以下 のようになる。収斂206数7の禁錮に返して以下のこ とが分かった。

クが大きいことから、限が水分を吸収するか又は阪中で 水分が生成されていることがわかる。それに対して、ド

- 本紙:1 ×10¹⁵cm⁻², 1×10¹⁶cm⁻²では0 - Hのビー **クが小さいことから、水分が少ない良質な販であること**

(1) C-H 指合は減少する。

[0095](2) Si-O指合の減少は比較的小さい。 (3) Si-H指合が存在する。

(4) 炭素は膜中に残留している。

【りりり6】 ②,原中のダングリングホンドの数のほと **んどが炭素のものである。**

(6) ダングリングボンドの数は脱中の炭素原子の数より 2 桁程度少ない。

った行陵SOG阪6の結果と比較して、以下のことが分 改数SOG版での安定性について、イオンを注入しなか

い。昇頭したも木やGIX の既藩職は少ない。但し、水益 [0097] (1) 耐熱性では、800 じまで脱厚減少がな や炭素酸化物は比較的多く脱離する。

[0098] (3) 吸湿性は小さく、水分の透過は少なく (2) ブラズマ(特にレジストのアッシング条件) に瞬し ても、脱収鉛が生じない。

改質SOG膜7の誘電等に関して以下のことが分かっ

(1) イオンを注入すると誘電率は高くなる。

[0099] (2) 注入するイオンに依存せず、比誘電率 は3.5 になった。改賞SOG膜でを傾開絶縁膜として適 壁に改質S0G脱7が遅出する構造であっても、倒21 - 関25に示すようにリセスが発生することはなく良好 **周した場合、図2(c)に示すようにピアホール9の間**

Si-CH3 + (指合開製、同指合) などアポール9の距面形状が得られることを確認した。

6および図27に、改質806版でにおけるドーメ量の に、以下の存集特性についた遅んだ結果を消べる。区2 追いによる高周波CV特性の変化を示す。これより、ドー (0100) 次に、上記のA. ~D. を描定するため **Kii(は1 ×10^{15cm-2}以上必要であることがわかる。**

ン田人第1 (石板SOG数8), ドーズ讯:1 ×1CHcm ×10¹⁶cm-²については2500人であり、ドーメポ;1×10 14cm-2については3000人である。ドーズボ;1×10¹⁴cm [0102] 図29に、改算SOG軽7におけるドーズ 量の違いによる赤外吸収スペクトルの変化を示す。イオ -2ではC-Hのビークがパきく、作模成分が多く残って 最後のドース量低存在を示す。何し、有限SOG版6の 2では、有数SOG暖の原序が呼ぶいこも関わらずリーク いる。また、ドーズ海:1×1014㎝-2では0-Hのビー [0101] 図28に、皮質SOG製7におけるリーク 慰力は、イキン芸人無し、アース量:1 ×10¹⁵cm-2,1 高波が多いことから、販質が悪いことがわかる。

陥しても特性カーブがほとんど変化しないことから、然 [0103] 図30に、皮質SOG版での蒸塩相による 高周波が特性の変化を示す。改賞SOGFフは熱処理を 的に安定であることがわかる。但し、然処理を施すと、 ヒステリシスは若干人きくなる。 がわかる。

し(有機SOG版6)と同程度になる。これより、位素 ラズマ副作を示す。改質SOG版では松素プラズマ処理 を施して然処理温度を上げても誘電率がほとんど変化し [0105] 図32に、ドーズ派の違いによる仮糸ブラ ズマ処理を施すと誘電率が大幅に増加し、イオン注入無 プラズマ耐性を向上させるには、有限SOG販6中の有 **徴成分をイオン池入によって分解することが重要である** [0104] 図31に、然処理温度の違いによる破素ブ ズマ射性を示す。ドーズ量:1×10¹⁴cm-²では酸素プラ ない。これより、真質で安定な版であることがわかる。 ことがわかる。

[0106] 図33に、改質SOG版7のXPS (X-ra y Photoemission Spectroscopy) スペクトル (C1S) を ※★。良質SOC製フ中にはC−C結合およびC−O特 合が存在する。これより、前記した図17における推算 が近しいことがわかる。

【0107】尚、イオン注入によるメチル塔の分解は、 式 (3) で長される。

.... (3)

- 力、酸素プラズマによるメチル場の分解は、式(4)

..... (4) Si-CH3 - (陸化) - HO-Si, H2 O, CO2 1 (33)

42.6~||43.0||に水す枯果をまとめると以下のようにな

(1) 改置SOG級7は、ドース量:1 ×10¹⁵cm-²以上に

[0109] (2) 改賞SOG版7のリーク追溯は、信談 おいて、ヒステリシスの小さい真質な概となる。

SOG数6と比べた子がへなる。

(3) 政党SOG殴ては仮表プラスでに体験されても製質

(4) 改質SOG販7の妨電率は約3.5 になり、酸盐プラ メンの対抗および熱処用によって変化しない。 の劣化が少ない。

[0110](5) 注入するイオン桶に依存せず、改覧S O G 販 7 の 誘電率は約3.5 に なる。

(40kcV) である。

(6) 改作SOG胶7中に現留する炭素は、新たにC-C 結合やC-0結合を形成する。 [0111] [7] 必覧SOG版7の構造は、有限SOG 限6に依案プラズマ処理を施した場合の構造とは異な

次に、図26~図30に示す各種特性を補完するため

【0112】凶31に、ff殴SOG脱6にアルゴンイオ **イオンのドース量を変化させたときの駅屋変化について フゲウンフロー装置を用い、マイクロウエーブ出力;10** 00m 、ガス種:俊紫、碧紫、水紫の混合ガス、圧力;40 処理の条件は、処理温度:300~800 ℃、処理時間;30 min である。また、イオン沢人の加速エネルギー;140k ンを注入して形成した改質SOG販7を做者プラズマに 最した仏法が正気中で然の里を行った場合に、アッゴン **示す。尚、彼恭ブラズマ処里の条件は、マイクロウエー** OPa 、処理温度;220℃、処理時間;2.5minである。熱 に、以下の各種特性について聞くた結果を述べる。

[0113] 図15に関して説明したように、有機50 GW6を俊素プラスマに晒した場合には脱厚が大きく減 少する。また、改質SOG膜1を酸素プラズマに関した 場合でも、ドーズ浜:1×10ldcm-2のときにはやはり駁 **以が減少する。従って、債素プラズマに関した際におけ** る改質SOG脱7の脱収縮を防止するには、ドーズ量; ×1015cm-2以上必要なことがわかる。

eVである。

[0114] 図35は、アルゴンイオンのドーズ派;1 ×1015cm-2、加速エネルギー;20keV の場合におけるビ アホール 9 の斯伯状態を斯伯iSEM 近で観光した麗鏡接等 **賞:1 ×1012cm-2、加速エネルギー:90keV の場合にお** いるピアホール9の斯面状態を斯面SEM 法で観察した顕 呉である。また、図36は、アルゴンイオンのドーズ 微説学点である。

いるのに対し、凶23 (加速エネルギー;140keV) では リセスが発生していない。これらの結果から、改覧SO G膜7の脱収組を防止するには、アルゴンイオンのドー 【0115】図35および図36ではリセスが発生して 必要であることが分かる。

(m/e=18) や C H3(m/e=15) (1)切する B) 雑が少ないことが (e=18)についてTDS 辻を用いて評価した結果を示す。図 [0116] 図37に、図14と同様の条件でH2 O(m 14に関して説明したように、改賞SOG駁1はH2 O

[0117] 図38および図39は、ピアホール914に 膜6にイオン注入を行わない場合、図39は有機SOG 戦6 にアルゴンイオンを注入して改質506億7を形成 タングステンプラグを形成した場合の断面状態を断面SE M 法で限務した組織統分式である。図38は有限SOG した場合 (ドーズ派:1 ×10^{15cm-2}、加速エネルギー; [0118] 図38に示すように、アルゴンイオンを消 が埋め込まれていない。これは、有数506版6から日 人しない場合にはピアホール 9 内にタングステンプラグ 方、図3 9 に示すように収数 S O G 欧1 ではピアポーガ 9内がタングステンプラグで完全に埋め込まれている。 2 OやCH3 が脱離したためであると考えられる。--

これは、図14および図37に示すように、改質SOG

脱っではH2 OやCH3に関する脱離が少ないためであ

高い上に、板に描れた剥がれなどが出じていないことが タルトレンチを形成した場合の所面が過を原面SEM 訳や 製祭した顕義統写真である。 改質SOG競子は平型性が [0119] 四40は、収配SOG敷7に安い直落でメ ると考えられる。

分かる。

[0120] 図41に、タングステンプラグまたはアル :電展が形成されたピアホールりを1000個シリーズに接 説した場合の抵抗値のばらつきを示す。図41 (a) は 有機SOG版6にイオン注入を行わないでピアホール9 およびアルミ電極を形成した場合、図4.1(b)はアル ゴンイオンを注入した改賞506限7にピアホール9お よびアルミ追悼を形成した場合、図41(c)はアルゴ ホール 9 の直径は0.7 nm である。改覧 S O G 駁 7 の場 ンイオンを注入した改質SOG膜7にピアホール9およ びタングステンプラグを形成した場合である。尚、ピア 合の抵抗値は、有機SOG版6の場合の抵抗値に比べた はるかに小さくなっていることが分かる。

ケボンド、最素原子、異素のゲングリングボンドの各審 [0121] 図42に、改質SOG販7中のダングリン 度を示す。改質SOG酸で中のダングリングボンドの密 夏は、炭素原子の密度よりも2折も小さくなっているこ とが分かる。 [0122] 図43に、有機SOG膜6を300 ℃で熱処 形成した場合の密度の変化を示す。改質SOG酸7の密 型した後にアルゴンイオンを注入して改置SOG級7を 仮は、密度が高い版として知られているPE-TEOS 既と比べてもさらに高くなっていることが分かる。

[0123] 以上詳述したように、改賞SOG膜でを作 翌するために有機SOG版6に非入するイオンに関し

:全域介含せる性質、ゲート部制限2を低級電子化させ ロンの不純物底散を抑制させる性質、のいずれも有して 注入すれば、道足したフッポイオンに関する問題点を囲 **融することができる。その枯果、配袋にアルミが川いら** た。ゲート絶縁戦2が低勝電率化されることはない。そ して、ソース・ドレイン領域4がリンまたはボロンの不 純物近散によって形成されている場合でも、その不純物 拡散が抑制されることはない。従って、MO S トランジ 美上記の各イオン(フッ化シリコンイオン、フッ化ポロ ンイオン、アルゴンイオン、リンイオン、シリコンイオ ち、シッポイオン単体を除く各イオンについては、アル る他質、ソース・ドレイン領域4におけるリンまたはボ いない。 従って、これらのイオン (フッ化ショコンイキ ン、フッ化ボロンイオン、アルゴンイオン、シリコンイ オン、ポロンイオン、気塔イオン)を有機SOG厩6に れた場合でも、その配線が腐食されることはない。ま ン、ボロンイオン、フッポイオン、殺者イオン)のウ スタの落子特性を設計値通りにすることができる。 て、以下の作用および効果を得ることができる。

は、改質SOG殴7の専品性が高くなる恐れがある。従 リシ酸(H3 PO4)が生成されることがあり、そのリ ン、シリコンの化合物イオンについては、ファ素イオン 【0124】②リンイオンおよびリンの化合物イオンに ついては、有数SOG版6中の水分とリンとが反応して ン位によってアルミが腐食される恐れがある。また、シ 単体ほどではないにしても、有数SOC版6へ近人する **って、リンイオン。リンの代合物イオン。シリコンイオ** リコンイオンおよびシリコンの化合物イオンについて イオンとしてはあまり望ましくないといえる。

[0125] ③シリコンおよびシリコンの化合物イオン については、改質SOG数7の登出性が高くなり、層間 絶縁吸としての性能が劣化する。

分子量が大きく拡散し難いため、ファ素イオン単体に比 オンについても、崩起したファ素イオンに関する問題点 ヨフッ素の化合物イオンは、フッ器イオン単体に比べた ベト流記各性質が弱くなる。従って、フッ素の代合物イ を回避することができる。

[0126] ③上記①~④をまとめると、有機SOG販 アルゴンイオン、ポロンイオン、鉛紫イオンが適してい (フッ化シリコンイオン、フッ化ポロンイオンなど) 、 6に注入するイオンとしては、フッ素の化合物イオン

[0127] ところで、竹陵SOG版6に記入するイオ ンとして、上記⑤の各イオン以外に以下に示す各イオン があげられる。

ン、ラドンイオン)。不活性ガスイオンは有機S0G膜 6と反応しないため、イオン注入によって無労幣が生じ ン、ネオンイオン、クリプトンイオン、キセノンイオ [1] アルゴン以外の不活性ガスイオン (ヘリウムイオ る恐れが全くない。

覧ての場場本が低ドする可能性がある。しかし、その場 ニオブ、ハフニウム、タンタルの元器単体イオンおよび b. Vb. VIb. VII bの各版の元券単体イオンおよび 指来の氏ではごく値かであるため、特に高い認治性の特 ン。この中で、金板元券(サンについては、改訂50G [0129] [3] IVa版, Va版の记者単体イオンおよ それらの化合物イオン。特に、酸素、アルミ、イオウ、 びそれらの化合物イオン。特に、チタン、パナジウム、 【0128】[2] ポロンおよび発払以外のIII b, IV アンチモン、ヨウ素、インジウム、スズ、テルル、鉛、 国格、ガリウム、ゲルマニウム、ヒ格、セレン、泉塔、 ピスマスの元素単体イオンおよびそれらの化合物イオ 開発は駅が要求される場合以外には美田上開題ない。

それらの化合物イオン。IVa,Va版の记者の做化物は 路田平が高いため、改姓SOG厩1の路道率を高くする [0130] [4] 上記の各イオンを複数種類組み合わせ て用いる。この場合、各イオンの柏桑作用によりさらに 優れた効果を得ることができる。高、上記各次施形態は 以下のように変更してもよく、その場合でも同様の作用 および効果を得ることができる。 ことができる。

[0131] (1) 谷シリコン酸化酸5, 8全、プラス ECR (Electron Cyclotron Resonance) ブラズマCV する。この場合、常爪CVD法で用いられるガスはモノ シランと後素(SiH₄ + O₂)であり、成態温度は40 0 で以下である。また、減圧CVD法で用いられるガス (Physical Vapor Deposition) 法など) によって形成 マピソリ記以外の方法(帝国ピソリ法、城市ピソリ法) D法、光励起CVD法、TEOS-CVD法、PVD はモノシランと亜酸化塩素 (S i H4 + N2 O) であ り、成版温度は900 で以下である。

[0132] (2) 谷シリコン仮化脱5, 8を、水分お よび水板場を遮断する性質に加えて絶縁性および機械的 歯皮が高い性質をもつ他の絶縁膜(シリコン氧化版、シ リケートガラス脱など)に置き代える。その絶縁脱はC VD法やPVD法などどのような方法によって形成して [0133] (3) ソース・ドレイン電極10および配 袋23を、アルミ以外の尊電材料(鍋、金、銀、シリサ イド、高磁点金属、ドープドポリシリコン、発化チタン (TiN) . タングステンチタン (TiW) などの合

[0134] (4) 改質SOG膜7に熱処理を施す。こ の場合、改質SOG酸で中のダングリングボンドが少な くなるため、吸湿性がさらに小さくなり、水分の透過も **会)およびそれらの指対構造で形成する。** さらに少なくなる。

[0135] (5) 有機SOG版6の組成を一般式 (2) で表されるものに置き代える。

OG版に置き代え、その無機SOG版にイオン消人を行 (6) 有数SOG酸6を一般式 (1) で扱きれる無限S

(14)

う。この場合には、無极SOG脱に含まれる水分および 水酸基を低減させることができる。

覧として使用する。この場合、デバイスを模様的・化学 的に確実に保護することが可能な優れたパッシベーショ [0136] (1) 政咒 SOG駅でかパッツペーション ン数を得ることができる。 【0137】(8) 女虹SOG既7を多語危機再通にお ける各配規則の各層問題់契殿に加いる場合、有機SOG 既6へのイオン注人は以下のどちらの方法を用いてもよ

は、1時日の配線上に1時日の有機SOG膜6を形成後 (a) 各層の改質SOG厩6を形成する度にイオン注入を Fij。例えば、2層の改覧SOG膜1を形成する場合に 1、次に、2時日の監察を形成し、続いて、2番目の配 線上に2時目の有機SOG膜6を形成後にイオン注入を にイオン注入を行って1層目の改貨506膜7を形成 ドゥモ2階目の改質SOG版↑を形成する。

[0138] (b) 全局の改質SOG賊6を形成した後で 炭いて、2号目の配線上に2号目の有機SOG膜6全形 で、1 校日および2 校日の有機50G膜6をそれぞれ改 -括してイオン社人を行う。例えば、2扇の改質SOG 夏7を形成する場合には、1層日の配線上に1層目の有 限SOG酸6を形成し、次に、2時日の配線を形成し、 **炎し、最後に、デバイス表面にイオン注入を行うこと** ffSOG版7にする。 ***** (イ) 胡米項1~5のいずれか1項に記載の半導体装置 **実施形態から把握できる指米項以外の技術思想について** [0139] 以上、各実施形態について説明したが、 以下に記載する。

の製造力法において、前記SOG版の下層に絶縁販を形 **改する工程と、前記SOG膜の上層に絶縁膜を形成する** 1.程とを備えた半導体装置の製造方法。

C、前記SOGのF路に形成された絶縁限と、前記SO このようにすれば、上層および下層の絶縁観でSOG脱 が挟まれたサンドウイッチ構造の層間絶縁厩を形成する 【0140】(ロ)請求項6に記載の半導体装置におい G版の上層に形成された絶縁版とを聞えた半導体装置。 ことができる。

[0141]

[発明の効果]

 SOG既に含まれる水分および水酸塩を減少させる ことが可能な半導体装置の製造方法を提供することがで

せることが可能な半導体装置の製造方法を提供すること 【0142】2) SOG膜に含まれる有機成分を分解さ せると共に、駅中に含まれる水分および水酸塔を減少さ

[0-143] 3) 平坦他に優れ、ポイズンドピアなどの 6.良を圓遊することが可能な特問絶縁版を備えた事尊体 炎質を提供することができる。

[図1] 第1 実施形態の製造方法を説明するための破略

[図2]等1支施形態の製造方法を説明するための概略

[図3] 第2法語形態の製造方法を説明するための戦略

[四4] 第2 実施形態の製造方法を説明するための概略 Writilly,

[図5] 第1、2 実施形態を規則するための特性図。

2.実施形態を説明するための特性図。 [四6] 第1,

【図7】第1、2 実施形態を説明するための特性図。 【図8】第1、2 実施形態を説明するための特性図。

<u>e</u>

[図10] 第1. 2次遍形態を説明するための特化图。 【凶9】第1,2 実施形態を規則するための特性図。

[|対11] 第1,2 実施形態を説明するための特性図。

[図12] 第1,2炎施形態を説明するための特性図。 第1,2実施形態を説明するための特性図。

|図14| 第1,2 実施形態を説明するための特性図。 第1,2実施形態を説明するための特性図。 [國13] [제15]

[図16] 第1,2 実施形態を規則するための特性図。

9

[|凶17] 第1,2 実施形態を説明するための特性図。 [|凶18] 第1、2美施形態を説明するための特性図。

[図20] 第1,2 実施形態のデバイスの断面状態を示 [四19] 第1,2火施形態を説明するための特性図。

【図21】第1,2 実施形態のデバイスの斯派状態を示 扩加微锐写真。

<u>(C</u>

【図22】第1,2次施形態のデバイスの断面状態を示 下置微粒形式。

广照做貌写真。

[図23] 第1,2 実施形態のデバイスの断面状態を示 すど類説が点。

【図24】第1、2 実施形態のデバイスの斯面状態を示

广斯撒说写真。

【図25】第1、2 実施形態のデバイスの斯面状態を示 广照微镜写真。

[国10]

2 実施形態を説明するための特性図。 【図27】第1,2次施形態を説明するための特性図。 [四26] 第1.

Ğ1E+22

£71E+23

6년 1년 1년 1년

2 実施形態を説明するための特性図。 [図29] 第1,2次施形態を説明するための特性図。 2 実施形態を説明するための特性図。 [四30] 第1. [国28] 第1,

[図35] 第1,2 実施形態のデバイスの断面状態を示 [図33] 第1,2実施形態を説明するための特性図。 【図31】第1,2実施形態を説明するための特性図。 [図32] 第1,2実施形態を説明するための特性層。 [図34] 第1.2 実施形態を規則するための特性図。

【図36】第1,2支施形態のデバイスの断面状態を示 - 對微鏡等点。

【図37】第1,2実施形態を規則するための特性図。

[四38] 第1,2 災施形態のデバイスの断面状態を示

[四42] 第1,2戊治形態を説明するための特性図。 [|凶43] 第1.2光疱形態を説明するための特性図。 [凶44] 従来例を説明するための特性図。

中国国政学员。

中别做缺少点。

[女40] 第1, 2 光循形態のデバイスの屋面状態を注

丰岡展説写真。

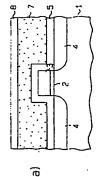
[四41] 第1、2 実績形態を説明するための特権は、

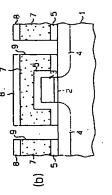
<u>=</u>

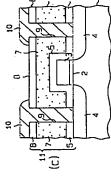
11…何間海林以 **減208間が…** 6…(/)既SOC既 [野野の選明]

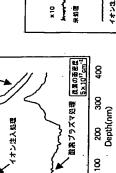
<u>e</u>

[보2]



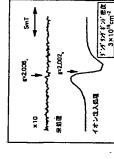






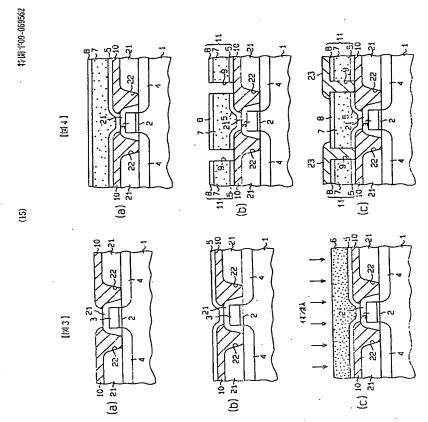
§1E+19

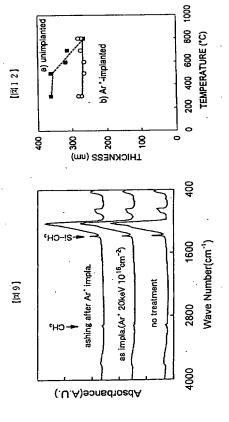
1001ED 101118



Magnetic Field(mT)

[成11]





78-8

[M6]

(11)

